3차원 자유곡면을 갖는 금형의 초기 및 수정가공을 위한 컴퓨터 이용기술

박 정 현 *, 손 주 리 **, °박 삼 진 **
* (주)협동감속기, ** 한국기계연구소 CAD/CAM실

Computer Application Techniques of Initial and Modification Machining for Dies with 3-Dimensional Scluptured Surfaces

JEONG-HYEON PARK (*), JU-RI SON (**) and SAM-JIN PARK (**)
* HYUPDONG REDUCER Co., Ltd., ** KIMM

ABSTRACT

This paper represents the computer application techniques of initial and modification machining for dies with 3-dimensional scluptured surfaces.

All procedures from die design to die machining and measurement are covered. The component of modelling is data management and modification (extrapolation and smoothing), surface modelling, and nc program preparation.

Also this paper introduces the utility for successful and efficient operation of system such as map generation, data communication, tool path verification, contour map generation, graphic processing of extrapolation and smoothing results, and CAD/CAM system interface.

Examples are given to illustrate the modelling.

1. 서론

80년대에 들어서면서 자유곡면을 갖는 금형가공을 위한 연구가 대학교, 연구소, 기업체들에서 활성화되고 있으나 주로 특정 문제의 해결을 위한 것에 치우쳐 있으며, 금형 데이타의 측정부터 데이타 수정 및 보완 곡선 및 곡면의 수정, NC 가공용 프로그램 작성, NC 가공, 가공된 결과의 검사 및 각 단계에서의 결과 검정방법, 금형 및 제품 데이타의 효율적인 관리들에 대한 통합화한 시스템의 연구 및 적용에 대한 연구가 미진하였다.

따라서 본 연구에서는 3차원 자유곡면 형상을 갖는 제품을 생산하는 금형의 정확하면서 신속한 제작을 위하여 필요한 이론적 배경과 그 이론들을 실용화하는 컴퓨터 이용기술에 대하여 고찰하고자 한다.

먼저 신속한 금형제작을 위한 전반적인 시스템 모델링 및 시스템의 효율적인 운영을 위한 제반 지원시스템에 대하여 살펴 본 다음에 세부적인 내용에 대하여 살펴보도록 한다.

2. 컴퓨터를 이용한 금형제작용 시스템의 모델링

대개의 경우 설계 데이타대로 금형가공이 제대로 되어도 작업환경과 가공품의 로트등에 따라 양품 생산의 보장이 확실하지 않다. 금형은 처음에 제대로 제작하는 것을 원칙으로 하면서 제작하나 공정 투입후 제품의 양품여부에 따라 국부적인 수정이 가해지는 경우가 허다하다. 제작된 금형의 재가공시는 대부분 시급한 상태인 관계로 얼마나 빨리 재가공하고 공정에 재투입하느냐에 따라 제품의 품질, 생산원가 및 생산량이 좌우되게 된다. 따라서 본 모델링에서는 측정된 데이타 또는 설계 데이타로부터 정확한 금형가공 및 가공된 금형의 재가공과 그 금형에 의하여 생산된 제품의 측정까지 필요한 전단계를 범위로 모델링하며, 이 시스템의 효율적인 운영을 위한 제반 지원시스템 (UTILITY) 들에 대하여 살펴보도록 한다.

(1) 금형의 제작순서

금형, 제품의 측정 데이타 또는 설계 데이타가 주어진 경우의 금형 제작순서를 도식하면 대개의 경우 다음의 그림 1 과 같게 된다.

(2) 지원시스템의 종류

그림 1 에서 보는 바와 같이 각 단계가 수행될 때마다 형상 데이타는 수정 보완이 되고 있으며, 최종적으로는 NC 가공 프로그램이 생성되어 NC 가공이 이루어진다. 이와 같은 단계를 수행하는 과정에서 각 단계의 입력 및 출력 데이타의 정확여부 및 각 단계에서의 처리과정이 의도한대로 정확하게 이루어지는 지를 판단할 수 있게하는 모니터링 시스템들이 필요하게 되는데 그 중에는 데이타를 분석하여 정오를 판단하게 하는 특성값을 출력하거나 데이타를 그래픽처리하여 업계 결과를 판독하게 하는 것등 여러가지가 있는데 그 내용은 다음과 같다.

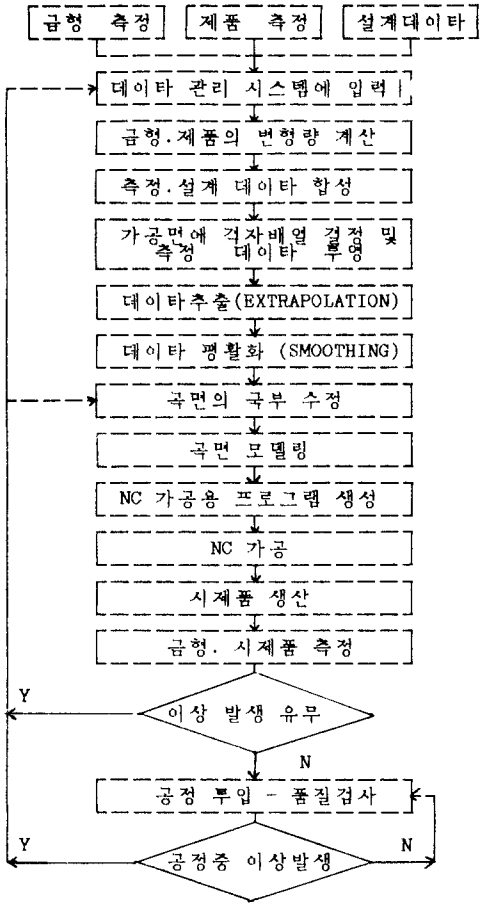

Fig. 1. Procedure of Die Making

(가) 맵(MAP) 작성

측정데이타의 상대적 위치를 화면 또는 지면에 출력하는 것으로 금형 부위의 특정 영역에서의 측정값 또는 측정순서들을 해당 좌표값에 따라 위치시킴으로서 한눈에 측정현황을 파악할 수 있게 한다. 이와 같은 맵의 예는 다음의 그림 2 이다.

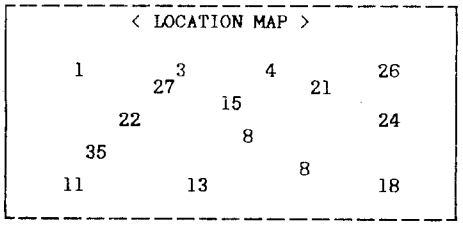

Fig. 2. MAP Example

(나) 데이타 추출 및 평활화 결과의 그래픽 처리

형상데이타의 추출시나 평활화시에 특정 곡선을 구성하는 데이타 간의 좌표값 변화 및 곡률변화를 확인하여 데이타 추출작업 및 평활화작업이 정확하게 이루어지는 지의 판단을 쉽게하는 기능으로 그 예가 다음의 그림 3 이다.

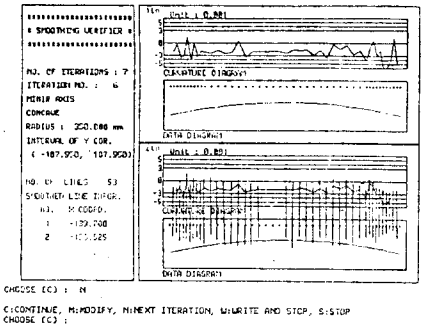

Fig. 3. Graphic Processing of Extrapolation and Smoothing Results

그림 3 에서 보는 바와 같이 특정 곡선의 외곽부위에 대한 좌표값과 곡률을 그림으로 출력한 것으로 만일 의도하지 않았던 결과가 출력되면 재작업을 할 수 있게하는 기능이 추가되어 있다.

(다) 공구경로확인

작성된 NC 프로그램을 입력하여 실재 가공시의 공구 운동 궤적의 출력을 위하여 NC 프로그램의 파아싱, 토큰분류하여 NC 프로그램의 X, Y, Z축의 좌표값을 출력한 다음 그래픽 처리 시스템에 입력한다.

이 기능의 주목적은 작성된 NC 프로그램의 정확여부와 공구와 작업물간의 간섭현상을 그림으로 확인하게 하는 것으로 작성된 NC 프로그램에 대하여 그래프 출력한 예가 다음의 그림 4 이다.

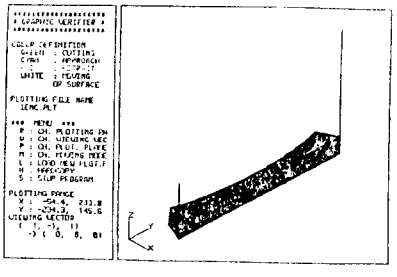

Fig. 4. Graphic Verification of NC Program

(라) 형상 데이타 확인

형상 데이타를 그림으로 확인하기위하여 그래픽 처리 시스템에 입력할 수 있게 플로팅 파일을 생성하는 기능이다.

(마) 그래픽 처리 시스템

각종 형상 데이타 및 NC 가공시의 공구경로 궤적을 그림으로 출력하는 시스템으로 그래픽 터미널 또는 플로터로 출력하게 한다.

필요한 도구로는 그래픽 터미널 및 플로터의 제어 루틴과 제어코드를 기본으로 한 여러 서브 프로그램들이 필요하게 된다.

그래픽 처리시 데이타 입력, 축소 및 확대, 출력 기준 좌표면 지정 및 수정, 시각변환(VIEWING TRANSFORMATION) 지정들의 처리기능이 필요한데, 이 시스템에 대한 그래픽 출력 결과는 앞의 그림 4 이다.

(바) 등고선 작성

곡면 각 부분의 굴곡을 등고선 형태로 작성하는 것으로 지도 작성, 유한요소법에 의한 응력, 변형, 온도 분포등에 주로 이용되고 있으나, 본 시스템에서는 제품형상, 두 데이타 간의 차이값 분포등을 바로 등고선으로 그려서 일목요연하게 볼 수 있게 함으로서 NC 가공 및 수사상에 매우 유용하게 사용되는 기능으로 그 예는 다음의 그림 5 이다.

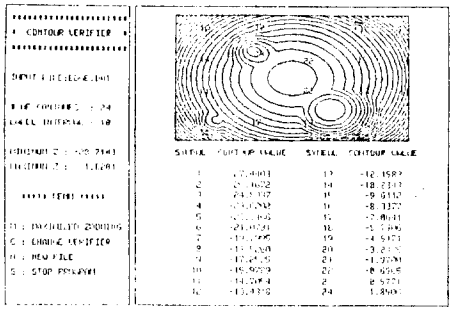

Fig. 5. Example of Contour MAP

등고선 작성 알고리즘은 격자구성이 된 상태에서 인접한 곳에 같은 높이를 갖는 위치를 찾아 그 점들을 연결하면 된다.

(사) CAD/CAM 시스템 인터페이스

보유하고 있는 CAD/CAM 시스템에 형상 데이타를 입력하기위한 것으로 각 CAD/CAM 시스템은 고유의 언어를 통하여 외부에서 한꺼번에 많은 형상 데이타를 입력할 수 있는 방법을 제시하고 있다.

CAD/CAM 시스템 ANVIL 5000 (1) 의 경우 GRAPL이라는 언어를 제공하고 있는데 사용자는 이 언어를 이용하여 배치처리를 할 수 있게 된다. 따라서 이 언어들을 이용하면 손쉽게 그래픽처리를 할 수 있는 전용시스템도 만들 수 있다.

(아) 데이타 전송

3차원 측정기의 컨트롤 컴퓨터와 메인 컴퓨터간의 데이타 교환을 위한 것으로 메인 컴퓨터의 오퍼레이팅 시스템에 맞는 터미날 에뮬레이터를 이용하여 측정 데이타 및 필요정보를 상호 전달할 수 있으며, 직접 데이타 전송 프로그램을 작성하여 데이타를 전송할 수 있다.

기존의 터미날 에뮬레이타를 사용할 시는 해당 프로그램의 기능에 따라 전송이 되므로 간혹 사용자가 사용하는 시스템에 있는 특수 기능이 필요한 경우가 발생되는 경우는 직접 작성하는 것이 바람직하다.

주로 I/O 인터페이서 컨트롤 루틴을 이용한 RS-232c 통신방법을 이용하며, 전송용 프로토콜을 제어하는 기능이 오퍼레이팅 시스템에 있는 경우는 매우 편리한 기능을 갖는 전송용 프로그램을 쉽게 작성할 수 있다.

간단한 DNC 기능을 갖는 프로그램의 작성에도 바로 적용가능하다.

(3) 하드웨어의 구성

금형 데이타의 관리, 금형가공을 위한 곡면 데이타의 작성 및 NC 가공용 프로그램의 작성, 제반 데이타의 분석을 위한 처리 및 그래픽 출력을 위한 하드웨어들의 구성요소로는 메인 컴퓨터, 3차원 측정기 (외부와 통신기능보유), 터미널, 그래픽 터미널, 하드카피어, NC 기계, 플로터, 프린터, 천공기, DNC 시스템들이 있는데, 메인 컴퓨터를 중심으로 연결되어 있다.

3. 금형제작용 시스템의 세부내용

2.의 (1)에서 살펴 본 금형의 제작순서에 따라 각 단계에서의 세부내용을 살펴보도록 한다.

(1) 금형 및 제품 측정 데이타의 관리

측정된 금형 데이타를 저장하여 새로운 금형 제작시 또는 공정중에 이상이 생긴 금형의 보수에 적용할 수 있도록 금형 데이타 및 제품 데이타를 체계적으로 관리하는 것으로 통칭 데이타 베이스 관리시스템과 같은 소프트웨어가 필요하며, 사용용도에 맞춘 관리시스템이 바람직하며 데이타의 입력, 수정, 추가, 삭제, 통계처리들을 할 수

있어야 한다.

입력된 측정 데이타들의 통계처리된 예는 다음의 그림 6 이다.

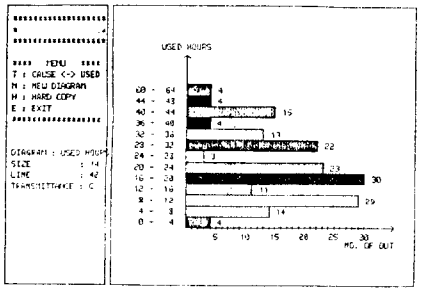

Fig. 6. Example of Statistics Diagram for Die Measurement Data

(2) 금형 및 제품의 변형량 계산

금형 및 제품을 측정하는 온도는 상온인데 비하여, 제품이 생산되는 온도는 고온 또는 고압이 작용되는 경우가 많은데 이 때는 그 변형량을 계산하여야 한다. 금형의 종류 및 제품 소재에 따라 변형량 계산이 매우 상이하며 경험적 요소가 크게 작용한다. 이런 경우에는 측정 데이타 관리 시스템의 중요성이 대두되게 된다.

(3) 측정 데이타의 합성

상온에서 금형의 측정이 이루어지나, 실제 제품생산작업은 고온에서 이루어지는 경우가 많으며, 이런 경우에는 금형의 열변형 및 제품의 수축현상에 따른 형상변화 데이타를 측정된 각 점에 대하여 계산하여 금형 데이타를 보상하다.

(4) 격자구성 및 데이타 투영

가공하고자하는 영역에 대한 측정이 특정 부위(대부분 외곽)에 대하여 이루어지지 않은 경우에는 제외된 부분에 대한 데이타의 계산이 필요하므로 필요한 데이타를 구할 수 있는 위치에 대한 격자의 구성이 필요하다.

형상의 특성을 고려하여 격자배열을 할 수도 있으며, 주로 특성곡선을 기준으로 격자배열을 한다.

만일 무작위로 측정된 경우에는 측정된 점들이 가능한 많이 격자상에 위치하도록 격자를 구성하여야하며, 격자 모양도 곡면의 구성 등 다음의 일련된 작업을 고려하여 결정되어야 한다.

격자가 구성되면 측정된 데이타를 격자위에 배치하며, 격자상에 놓이지 않는 측정점들은 삭제한다.

(5) 데이타 추출(EXTRAPOLATION)

측정한 데이타중에서 잘못된 부분이 제거된 상태에서 빠진 영역의 데이타를 계산하는 단계로서 곡선의 모델링 방법에 따라 데이타 추출이 가능하다.

스플라인으로 곡선을 모델링한 경우 파라미터의 값으로 원래의 파라미터 구간을 벗어나는 값을 입력하여 계산가능하나 파라미터값의 영역에서 약간 벗어나는 값만 적용가능하다. 따라서 스플라인으로 곡선 모델링하여 데이타를 만드는 방법에는 주의를 요한다.

그런데 여러 구간의 값을 구하고자 할 경우에 스플라인을 이용하여 구할 때는 여러번 반복하여 스플라인을 만들어가면서 구하는데 새로 구하는 값이 직전에 구한 값의 영향을 받음으로 인해서 원래 의도하는 값이 구해지지않을 수 있다.

곡선을 구성하는 데이타의 특성에 따라서는 순차증감비율을 따져 새로운 값을 구하는 방법이 가장 적당할 수 있다. 즉 예상되는 값의 경계값들은 여러번 시행착오 및 경험에 비추어 예측가능하므로 수차례 실험에 의하여 기준을 잡을 수 있다.

데이타 추출시 주어진 데이타와 추출된 데이타 간의 좌표값 변화 및 곡률변화를 확인하면서 계속하여 추출작업을 할 수 있게하는 그래픽 시스템이 있으면 매우 유용한데, 그 예가 앞의 그림 3 이다.

그림 3 에서 보는 바와 같이 특정 곡선의 외곽부위에 대한 좌표값과 곡률을 그림으로 출력한 것으로 만일 의도하지 않았던 데이타 추출 결과가 출력되면 재작업을 할 수 있게 되어 있다.

(6) 데이타 평활화(SMOOTHING)

가공하고자하는 전 영역에 걸쳐 곡면 데이타의 준비가 완료되면 각 데이타들이 이루는 곡선에 불규칙한 데이타가 있는 경우에 곡선의 평활화 문제가 대두되며, 이런 문제를 해결하는 것이 스무딩 작업이다. 이분야에 대한 연구로는 최소승법을 이용한 평활화(2), 스플라인에 가중치부가 방법(WEIGHT-FITTING METHOD)을 사용한 방법(3), , 측정 데이타의 일차차분(FIRST DEVIDED DIFFERENCES)과 이차차분을 구하여 불규칙한 곳을 수정하는 방법(4), 곡률의 미분을 연속하게 하는 방법(5)등 많은 연구가 되었으며, 계속하여 연구되고 있다.

곡선모델링 기법을 이용하여 곡선 평활화를 하는 경우에는 이론적 연구 및 복잡성에 따른 시간의 소요가 많아 기업체에서 활용하기에는 어려운 관계로 다음과 같은 방법이 실용적이다.

대개의 금형의 형상을 볼 때에 특정 방향을

기준으로 곡면의 단면인 곡선의 요철현상 (CONCAVE, CONVEX) 정도의 경계값을 지정함으로서 곡선 평활화 작업이 매우 단순해 질 수 있다. 만일 금형이 좌우대칭형인 경우는 가운데부터 요철 경계값 기준을 적용하여 외곽방향으로 각 점사이의 원호를 계산해나가는 방법을 사용한다.

(7) 국부수정

금형의 특징상 특정 부위를 일정한 기준하에서 수정하는 경우 및 형상 데이타중 일부를 임의로 수정할 수 있는 기능이 필요하다.

(8) 곡면 모델링

곡선 데이타의 평활이 끝난 데이타를 이용하여 곡면을 형성하는 단계로서 기존의 많은 방법 (6,7,8,9,10) 들이 소개되어 있으며, 주어진 데이타에 적당하면서 사용이 편리한 방법을 선정하여 사용한다.

자유곡면을 모델링하는 방법은 다양하지만 금형의 가공을 위한 NC 프로그램의 작성이 쉬운 방법에 따라 선택하는 것이 바람직하며 범용 CAD/CAM 시스템의 곡면 모델링 및 NC 기능을 이용하는 것도 좋은 방법이다.

그러나 유사한 작업이 반복되는 경우에는 범용 CAD/CAM 시스템을 이용한 방법은 단순 반복적인 요소가 많아 전용시스템의 개발이 바람직하다.

(9) NC 가공용 프로그램 작성

금형의 형상 데이타를 기준으로 곡면을 모델링한 다음에 사용공구선정 (엔드밀,볼엔드밀, 각종 휠류), 가공방법 (상향 또는 하향 밀링, LACE 또는 NON-LACE 가공, 보간방법종류), 가공영역 (옵셋, 부분 가공), 절삭조건 (피이드, 축회전수, 가공공차, 스텝길이, 공구훈적높이), 가공공정계획 (사용 NC 기계명, 치구), 동시 사용축수 (2 1/2축, 3축, 4축, 5축) 등을 입력하여 입력된 형상 데이타에 의한 형상을 가공하는 NC 프로그램을 생성한다.

동시에 사용하는 축수에 따라 공구경로 계산방법이 다르므로 사용하고자 하는 기계의 기능과 일치를 하여야 한다. 2 1/2축 사용의 경우 카아티전 (CARTISIAN) 가공방법을, 3축사용의 경우는 ISO-PARAMETRIC 가공방법을 이용하여 공구경로를 생성한다 (7,9).

만일 4축 또는 5축가공을 하는 경우는 작업물 좌표계와 기계좌표계간의 상호연관관계를 도출한 다음 사용기계에 맞는 NC 코드로 변환한다. 이 때는 공구와 작업물간의 간섭현상을 방지할 수 있는 확인용 프로그램이 필요하게 된다.

(10) 측정 기준 데이타 작성

가공된 금형의 양품여부를 판단할 수 있도록 가공 데이타를 준비하고, 측정된 금형의 데이타를 비교하면 가공이 잘못된 부분을 쉽게 찾을 수 있게 된다. 즉 두 데이타간의 차이값를 맵 또는 등고선 형태로 출력하면 가공이 잘못된 곳을 바로 식별할 수 있게 된다.

4. 결 론

본 연구에서 사용한 메인 컴퓨터는 VAX 750이며, 언어로 포트란을, 그래픽 드라이버로 IGL (11) 을 이용하였다.

대개의 CAD/CAM 시스템은 범용으로서 특수한 분야에 사용하고자 할 때에는 필요한 기능이 빠져있거나 제한되어 있는 경우가 많다. 또한 단순 반복되는 작업이 빈번한 경우에는 작업능률향상을 위하여 전용 소프트웨어의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 금형의 초기가공 및 수정가공시의 처리를 신속하고 정확하게 할 수 있도록하는 전 단계에 걸쳐 간단하게 살펴보았으며, 특히 이러한 시스템들의 효율적인 운영을 위하여 각종 지원시스템들을 소개하였다.

참고문헌

1. MCS, ANVIL 5000 REFERENCE MANUAL, MCS, 1987.
2. Mehlum, E., "Nonlinear Splines", Computer Aided Geometric Design, Academic Press, 1974.
3. Krouse, J.K., What Every Engineer Should Know about CAD and CAM, Marcel Dekker Inc., 1982.
4. Renz, W. "Interactive Smoothing of Digitized Point Data", Computer Aided Design, Vol. 14, No. 5, 1982, pp. 267-270.
5. Kjellander, J.A.P., "Smoothing of Cubic Parametric Splines", Computer Aided Design, Vol. 15, No. 3, May 1983, PP. 175-179.
6. Bohm, W., Farin, G. and J. Kahmann, "A Survey of Curve and Surface Methods in CAGD", Computer Aided Geometric Design, Vol. 1, No. 1, North-Holland, July 1984, pp. 1-60.
7. Faux, I.D. and M.J. Pratt, Computational Geometry for Design and Manufacture, Halsted, England, 1980.

8. Gordon, V.J. and R.F. Riesenfeld, "B-Spline Curves and Surfaces", Computer Aided Geometric design, Academic Press, 1974, pp. 95-126.
9. 전차수, 3차원 측정 데이타로부터 자유곡면의 NC 가공, 석사학위논문, 한국과학기술원, 1985.
10. Mortenson, M.E., Geometric Modelling, John Wiley, 1985.
11. TEKTRONIX, IGL Reference Manual, TEKTRONIX Co., 1984.